

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-273759

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

G11C 11/15

G11C 11/14

H01L 43/08

(21)Application number : 2000-087389

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.03.2000

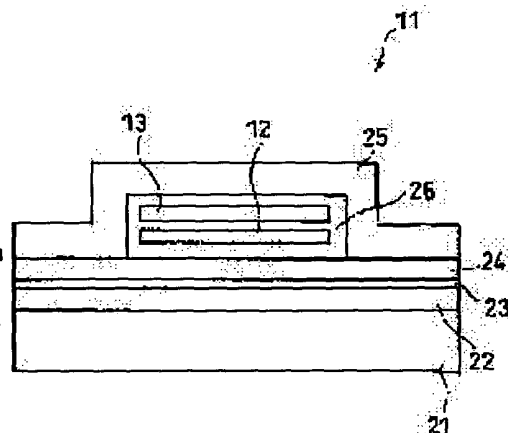
(72)Inventor : NAMIKATA RYOJI
MICHIJIMA MASASHI
HAYASHI HIDEKAZU

(54) MAGNETIC MEMORY CELL AND MAGNETIC MEMORY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic memory cell which is formed by introducing a closed magnetic path structure into a ferromagnetic layer which is a memory layer and a magnetic memory device which retains cell density without degradation by using the magnetic memory cell.

SOLUTION: The magnetic memory cell 11 has an antiferromagnetic layer 21, a ferromagnetic layer 22 which is disposed on the antiferromagnetic layer 21, exhibits intra-surface magnetization and makes exchange bonding with the antiferromagnetic layer 21, an insulating layer 23 which is disposed on the ferromagnetic layer 22, a ferromagnetic layer 24 which is disposed on the insulating layer 23 and exhibits the intra-surface magnetization and a closed magnetic path layer 25 which is disposed on the ferromagnetic layer 24 and forms a closed magnetic path together with the ferromagnetic layer 24. The magnetic memory device is embodied by arranging such magnetic memory cells 11 to a grid form or zigzag form.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-273759

(P2001-273759A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 1 1 C	11/15	G 1 1 C	11/15
	11/14		11/14
H 0 1 L	43/08	H 0 1 L	43/08
			A
			Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-87389 (P2000-87389)

(22) 出願日 平成12年3月27日 (2000.3.27)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 南方 量二

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 道端 正司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 林 秀和

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100080034

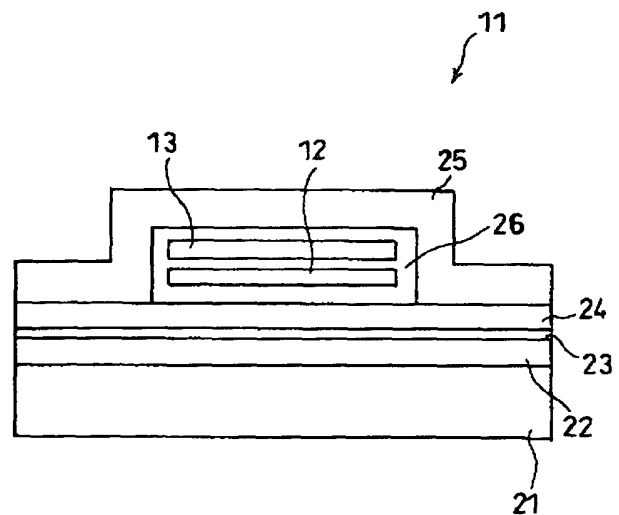
弁理士 原 謙三

(54) 【発明の名称】 磁気メモリセルと磁気メモリ装置

(57) 【要約】

【課題】 メモリ層となる強磁性層に閉磁路構造を導入した磁気メモリセルと該磁気メモリセルを使用してセル密度が低下しない磁気メモリ装置を提供する。

【解決手段】 磁気メモリセル11は、反強磁性層21と、この反強磁性層21上に設けられ、面内磁化を示し、反強磁性層21と交換結合する強磁性層22と、この強磁性層22上に設けられた絶縁層23と、この絶縁層23上に設けられ、面内磁化を示す強磁性層24と、この強磁性層24上に設けられ、強磁性層24と共に閉磁路を形成する閉磁路層25とを備えており、このような磁気メモリセル11を格子状や千鳥状に配置して磁気メモリ装置を実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】磁化の向きが面内方向に実質的に固定された第1強磁性層と、

上記の第1強磁性層上に設けられた絶縁層と、

上記絶縁層上に設けられ、面内磁化を示す第2強磁性層と、

上記の第2強磁性層上に設けられ、該第2強磁性層と共に閉磁路を形成する閉磁路層とを備えた磁気メモリセル。

【請求項2】上記の閉磁路層は、中央部で離間するよう10
に上記の第2強磁性層上に設けられ、離間によりできた空間である中央離間部を互いに絶縁されたビット線およびワード線が貫通するように設けられていることを特徴とする請求項1に記載の磁気メモリセル。

【請求項3】上記の閉磁路層と、上記の第2強磁性層との間に金属層が更に設けられていることを特徴とする請求項2に記載の磁気メモリセル。

【請求項4】請求項2に記載の複数の磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、
各ワード線は、同じ列に配された複数の磁気メモリセル20
の各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、
各ビット線は、同じ行に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、行方向に曲折して配線されることを特徴とする磁気メモリ装置。

【請求項5】請求項2に記載の複数の磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、
各ワード線は、同じ行に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、30
各ビット線は、同じ列に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、列方向に曲折して配線されることを特徴とする磁気メモリ装置。

【請求項6】隣り合う列又は行に請求項3に記載の複数の磁気メモリセルを千鳥状に配置すると共に、
各ワード線は、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線される一方、
各ビット線は、上記各ワード線の上記延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁40
気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線されることを特徴とする磁気メモリ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を低減できる磁気メモリセルと、セル密度を低下させることなく複数の磁気メモリセルを配置した磁気メモリ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気トンネル接合(MTJ)素子50

は、従来の異方性磁気抵抗効果(AMR)素子や巨大磁気抵抗効果(GMR)素子に比べて大きな出力が得られることから、HDD用再生ヘッドや磁気メモリへの応用が考えられている。

【0003】特に、磁気メモリにおいては、半導体メモリと同じく稼働部の無い固体メモリであること、電源が遮断されても情報は失われないこと、繰り返し回数が無限回であること、及び放射線が入射しても記録内容が消失する危険性が無いこと等、半導体メモリと比較して有用である。

【0004】従来のMTJ素子62の構成例を図5に示す。このような構成のMTJ素子62は、例えば、特開平9-106514号公報に示されている。

【0005】上記従来のMTJ素子62は、図5に示すように、反強磁性層51、強磁性層52、絶縁層53、強磁性層54を積層したものである。強磁性層52及び強磁性層54の磁化は何れも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な一軸磁気異方性を有している。そして、強磁性層52の磁化は反強磁性層51との交換結合により実質的に一方向に固定され、強磁性層54の磁化の方向で記録を保持する。

【0006】反強磁性層51としては、FeMn、NiMn、MnPt、MnIr等の合金が用いられ、強磁性層52及び強磁性層54としてはFe、Co、Niあるいはこれらの合金が用いられる。また、絶縁層53としては、各種の酸化物や窒化物が検討されているが、Al₂O₃膜の場合に最も高い磁気抵抗(MR)比が得られることが知られている。また、この他に、反強磁性層51を除いた構成で、強磁性層52と強磁性層54の保磁力差を利用したMTJ素子の提案もなされている。

【0007】図5の構造のMTJ素子62をランダムアクセス可能な磁気メモリに用いた場合の概略図を図6に示す。トランジスタ61は読み出し時にMTJ素子62を選択する役割を有している。「0」、「1」の情報は、図5に示すMTJ素子62の強磁性層54の磁化の向きによって記録されており、強磁性層52の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層52と強磁性層54の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報を読み出す。書き込みは、ビット線63とワード線64が形成する合成磁界によって強磁性層54の磁化の向きを反転することで実現される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記構成のMTJ素子62では強磁性層52及び強磁性層54の磁化が面内方向であるため、両端部には磁極が発生する。磁気メモリの高密度化を図るにはMTJ素子62を微細化する必要があるが、素子の微細化に伴って両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる。これにより、磁気メモリセルのセル密度が低下してしまう。

【0009】強磁性層52については反強磁性層51と交換結合していることから、上記の反磁界の影響は少なく、また、例えば米国特許5841692号公報に開示されているように、強磁性層52を反強磁性結合する二つの強磁性層で構成することにより、端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。

【0010】一方、メモリ層となる強磁性層54については、同様の手法を用いることができないので、パターンが微細化するにつれて端部磁極の影響により磁化が不安定になり、記録の保持が困難となってしまう。

【0011】そこで、メモリ層となる強磁性層54を閉磁路構造とすることによって、端部磁極の影響を低減することが考えられる。このとき、ビット線とワード線を両方とも該閉磁路内を通る構成とすれば、書き込み時に効率良く強磁性層54の磁化を反転できる効果が得られるが、ビット線とワード線は、図6に示すような簡単な直交配列を取ることが困難になる。なお、図6において、参照符号65はプレートラインを示す。

【0012】閉磁路構造の例は、特開平10-302456号公報等に開示されている。これによれば、磁気メモリ薄膜メモリ素子においては、膜面内の一方に磁化方向がある第1及び第2磁性層が、非磁性層を介して積層されており、第1及び第2磁性層の側面には第3磁性層が設けられており、全体として第1乃至第3磁性層が非磁性層を囲むように配置されている。外部磁界がゼロの保存状態では、第1磁性層の磁化と第2磁性層の磁化は反平行であって、第3磁性層を介して閉磁路が形成されるようになっている。

【0013】上記磁気メモリ薄膜メモリ素子によれば、保存時には記録に関わる磁性膜が閉磁路を形成するため、反磁界による悪影響を回避することができ、1ビットのセル幅を小さくすることが可能となる。それゆえ、集積度の高い磁性薄膜メモリを実現できる。

【0014】しかしながら、特開平10-302456号公報に記載の従来技術では、2つの強磁性層（第1及び第2磁性層）の側面に第3磁性層（閉磁路層）を設ける構成であるので、絶縁層（非磁性層）の幅を第3磁性層のために第1及び第2磁性層よりも狭くしたり、第1及び第2磁性層の各端面と同一平面になるように第3磁性層の両端面や長さを加工したりという複雑な処理が必要となる。つまり、該従来技術では、上記のような複雑な処理が必要であるので、生産性に優れた磁気メモリセルを実現できない。しかも、特開平10-302456号公報には、セル密度を低下させることなく、磁気メモリセルを最適に配置する磁気メモリ装置については開示も示唆もない。

【0015】そこで、本発明は上記問題点を鑑みなされたものであり、その目的は、メモリ層となる強磁性層に閉磁路構造を導入した磁気メモリセルと、該磁気メモリセルを使用してセル密度が低下しない磁気メモリ装置を

提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明に係る磁気メモリセルは、上記課題を解決するために、磁化の向きが面内方向に実質的に固定された第1強磁性層と、上記の第1強磁性層上に設けられた絶縁層と、上記絶縁層上に設けられ、面内磁化を示す第2強磁性層と、上記の第2強磁性層上に設けられ、該第2強磁性層と共に閉磁路を形成する閉磁路層とを備えている。

10 【0017】上記の発明によれば、特開平10-302456号公報に記載の従来技術のように2つの強磁性層（第1及び第2磁性層）の側面に第3磁性層（閉磁路層）を設ける構成ではなくて、閉磁路層が第2強磁性層上に設けられる構成であるので、磁気メモリセルの幅方向の寸法は増加せず、且つ、絶縁層（非磁性層）の幅を第3磁性層のために第1及び第2磁性層よりも狭くしたり、第1及び第2磁性層の各端面と同一平面になるように第3磁性層の両端面や長さを加工したりという複雑な処理が不要となる。

20 【0018】つまり、上記発明によれば、閉磁路層を第2強磁性層上に設けるという簡単な構成で、磁気メモリセルの占める面積（1ビットのセル幅）を小さくできると共に、従来のような複雑な処理が不要であるので、生産性に優れた磁気メモリセルを実現できる。

【0019】本磁気メモリセルにおいては、第1強磁性層、絶縁層、及び第2強磁性層によって磁気トンネル接合素子が形成される。磁気トンネル接合素子は、外部磁界の大きさの変化に応じて、第1及び第2強磁性層のスピンが反平行、平行に変化し、この変化に伴って、トンネルコンダクタンスが変化する現象を示す。この現象を利用すれば、記憶装置が実現できる。

30 【0020】第1強磁性層は磁化の向きが面内方向に実質的に固定されているので、スピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。つまり、第1強磁性層のスピンが固定されており、第2強磁性層のスピンを外部磁界に応じて動くようにできるので、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができる。上記スイッチングにより、「0」、「1」の情報は、第2強磁性層の磁化の向きによって記録される一方、第1強磁性層の磁化の向きは固定されている。そして、第1及び第2強磁性層の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。

40 【0021】上記閉磁路層は、第2強磁性層と共に閉磁路を形成するので、第2強磁性層の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。これにより、該磁極に起因して生じる反磁界の発生を確実に低減できる。このように、第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を回避できるので、第2強磁性層の磁化が安定し、これにより、磁気メモリセルを微細化できる。し

かも、第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているため、外部漏洩磁界に対して安定化が図れる。

【0022】上記の閉磁路層は、中央部で離間するように上記の第2強磁性層上に設けられ、離間によりできた空間である中央離間部を互いに絶縁されたビット線およびワード線が貫通するように設けられていることが好ましい。

【0023】この場合、ビット線とワード線の双方が閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に効率良く第2強磁性層の磁化を反転できる。

【0024】複数の上記磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、各ワード線は、同じ列（又は同じ行）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、各ビット線は、同じ行（又は同じ列）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、行方向（又は列方向）に曲折して配線されることが好ましい。

【0025】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ワード線の最小周期は2F（又は4F）となる一方、ビット線の最小周期は4F（又は2F）となる。

【0026】この磁気メモリ装置によれば、「0」、「1」の情報は、第2強磁性層の磁化の向きによって記録されている。このとき、第1強磁性層の磁化の向きは固定されている。そして、第1及び第2強磁性層の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線とワード線を通る電流が形成する合成磁界によって第2強磁性層の磁化の向きを反転することで実現される。

【0027】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているため、外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0028】上記磁気メモリセルに代えて、上記の閉磁路層と、上記の第2強磁性層との間に金属層が更に設けられているものを用いてもよい。この場合、第2強磁性層／閉磁路層の界面が存在しない構造が実現するので、磁気メモリセルの歩留りを向上させることが可能とな

る。

【0029】このような磁気メモリセルを複数使用し、隣り合う列又は行に複数の該磁気メモリセルを千鳥状に配置すると共に、各ワード線は、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線される一方、各ビット線は、上記各ワード線の上記延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線された磁気メモリ装置を構成してもよい。

【0030】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ビット線とワード線とは、共に、略2Fの最小周期を有することになり、上記磁気メモリ装置よりも、更なる高集積化が可能となる。

【0031】この磁気メモリ装置によれば、「0」、「1」の情報は、第2強磁性層の磁化の向きによって記録されている。このとき、第1強磁性層の磁化の向きは固定されている。そして、第1及び第2強磁性層の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線とワード線を通る電流が形成する合成磁界によって第2強磁性層の磁化の向きを反転することで実現される。

【0032】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているため、外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0033】

【発明の実施の形態】本発明の実施の一形態について図1及び図2に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0034】本実施の形態に係る磁気メモリ装置は、図2に示すように、複数の磁気メモリセル11から構成されている。各磁気メモリセル11は、図1に示すような断面構造を有しており、反強磁性層21、強磁性層22、絶縁層23、及び強磁性層24からなるMTJ素子上に、閉磁路層25が設けられている。

【0035】上記の強磁性層22及び強磁性層24は、面内磁化（磁化の向きが面内方向）を示す。強磁性層2

10

20

30

40

50

2 及び強磁性層 2 4 の磁化は、何れも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な一軸磁気異方性を有している。そして、強磁性層 2 2 の磁化は反強磁性層 2 1 との交換結合により実質的に一方向に固定され、強磁性層 2 4 の磁化の方向で記録を保持する。

【0 0 3 6】反強磁性層 2 1 としては、FeMn、NiMn、MnPt、MnIr 等の合金が用いられ、強磁性層 2 2 及び強磁性層 2 4 としては Fe、Co、Ni あるいはこれらの合金が用いられる。また、絶縁層 2 3 としては、各種の酸化物や窒化物が検討されているが、Al₂O₃ 膜の場合に最も高い磁気抵抗 (MR) 比が得られる。

【0 0 3 7】上記構成の MTJ 素子においては、反強磁性層 2 1 と強磁性層 2 2 が交換結合するように構成されているので、強磁性層 2 2 の両端部に発生する磁極の影響を低減することができる。また、上記構成の MTJ 素子上には閉磁路層 2 5 が設けられているので、メモリ層となる上記強磁性層 2 4 は、上記閉磁路層 2 5 と共に閉磁路を形成することになる。これにより、強磁性層 2 4 の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができるので、該磁極の影響を低減できる。

【0 0 3 8】上記磁気メモリセル 1 1 は、外部磁界の大きさの変化に応じて、2 つの強磁性層 2 2 及び 2 4 のスピンの反平行、平行に変化し、この変化に伴って、トンネルコンダクタンスが変化する現象を示す。この現象を利用すれば、記憶装置が実現できる。つまり、強磁性層 2 2 は反強磁性層 2 1 との接合によって、強磁性層 2 2 のスピンの交換磁界によって固定される現象を利用すると、スピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。

【0 0 3 9】上記の強磁性層 2 2 のスピンの固定されると、強磁性層 2 4 のスピンを外部磁界に応じて動くようにできるので、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができる。上記スイッチングにより、「0」、「1」の情報は、強磁性層 2 4 の磁化の向きによって記録される一方、強磁性層 2 2 の磁化の向きは固定される。そして、強磁性層 2 2 及び 2 4 の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。

【0 0 4 0】上記閉磁路層 2 5 は、中央部で離間するように上記強磁性層 2 4 上に、例えば接合によって、設けられている（以下、このように中央部で離間された結果生じる空間を中央離間部と称す。）。閉磁路層 2 5 の中央離間部を介して、ビット線 1 2（上記参照符号 1 2 a-1 2 b を 1 本のビット線 1 2 とする。）、及びワード線 1 3（上記参照符号 1 3 a-1 3 b を 1 本のワード線 1 3 とする。）が、図 1 の紙面垂直方向に貫通するようになっている。これにより、ビット線 1 2 とワード線 1 3 の双方が、強磁性層 2 4 及び閉磁路層 2 5 によって形成される閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に

効率良く強磁性層 2 4 の磁化を反転できる。なお、上記中央離間部には、ビット線 1 2 及びワード線 1 3 が互いに電氣的に絶縁されるように、絶縁層 2 6 が設けられている。

【0 0 4 1】磁気メモリ装置の高密度化を図るには MTJ 素子を微細化する必要があるが、MTJ 素子の微細化に伴って、強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる（強磁性層 2 4 の磁化が不安定になる。）。これにより、従来は、磁気メモリセルのセル密度が低下していた。

【0 0 4 2】しかし、本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、上述のように各磁気メモリセル 1 1 を構成することによって、強磁性層 2 2 及び強磁性層 2 4 の各両端部の磁極による反磁界を確実に低減することができる。特に、強磁性層 2 4 の両端部の磁極による反磁界の低減により、強磁性層 2 4 の磁化が安定になるので、上記構成を有する複数の磁気メモリセル 1 1 を適切に配置すれば、セル密度の低下を確実に回避できる。

【0 0 4 3】ここで、どのようにすれば、セル密度を低下させることなく、上記構成を有する複数の磁気メモリセル 1 1 を配置できるかについて、図 2 を参照しながら、説明する。なお、図 2 は、図の簡略化のために、選択トランジスタが省略して描かれている。

【0 0 4 4】本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、図 2 に示すように、図 1 に示す上記構成を有する複数の磁気メモリセル 1 1 が略格子状に配置されている。なお、図 2 においては、図 1 の磁気メモリセル 1 1 が、反強磁性層 2 1 が上になり且つ閉磁路層 2 5 が下になるように、配置された状態が描かれている。

【0 0 4 5】各ワード線 1 3 は、図 2 に示すように、同じ列に配された複数の磁気メモリセル 1 1 の各中央離間部を貫通するように、図面の上下方向（即ち、縦方向）に直線状に配線されている。一方、各ビット線 1 2 は、図 2 に示すように、同じ行に配された複数の磁気メモリセル 1 1 の各中央離間部を貫通するように、図面の左右方向（即ち、横方向）に曲折して配線されている。

【0 0 4 6】各ワード線 1 3 は、上下方向（即ち、縦方向）に直線状に設けられているので、図 5 に示す従来のものと同様の配線が可能である。一方、ビット線 1 2 は、上記ワード線 1 3 と直角方向である左右方向（即ち、横方向）の同じ行に配された磁気メモリセル 1 1 同士を各中央離間部を介して配線するため、各磁気メモリセル 1 1 の上下（図 2 の紙面上における上下）で左右方向に折り曲げて配線されている。したがって、配線の幅を F とすると、ワード線 1 3 の最小周期は 2 F となる一方、ビット線 1 2 の最小周期は 4 F となる。

【0 0 4 7】図 1 の構造の磁気メモリセル 1 1 を図 2 のように配線してランダムアクセス可能な磁気メモリ装置を構成した場合、「0」、「1」の情報は、強磁性層 2

4の磁化の向きによって記録されている。このとき、強磁性層22の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層22と強磁性層24の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線12とワード線13が形成する合成磁界によって強磁性層24の磁化の向きを反転することで実現される。

【0048】以上のように、本実施の形態の磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセル11の強磁性層22及び24の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセル11の配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる強磁性層24が閉磁路層25と共に閉磁路を形成しているため、強磁性層24は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセル11を多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0049】上記磁気メモリ装置は、図2に示す磁気メモリセル11の配置に限定されるものではなく、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線のどちらか一方を直線状に配置すると共に、他方を折り曲げて配置するものであればよい。したがって、例えば、各ビット線12が、同じ列に配された複数の磁気メモリセル11の各中央離間部を貫通するように、図面の上下方向（即ち、縦方向）に直線状に配線されている一方、各ロード線13が、同じ行に配された複数の磁気メモリセル11の各中央離間部を貫通するように、図面の左右方向（即ち、横方向）に曲折して配線されているような配置でもよい。

【0050】ここで、本実施の形態に係る他の磁気メモリ装置について図3及び図4を参照しながら説明する。

【0051】本発明の他の実施の形態に係る磁気メモリ装置を図4に示す。この磁気メモリ装置は、図4に示すように、複数の磁気メモリセル31から構成されている。各磁気メモリセル31は、図3に示すような断面構造を有しており、反強磁性層41、強磁性層42、絶縁層43、及び強磁性層44からなるMTJ素子上に、薄い金属層47を介して閉磁路層45が設けられている。

【0052】上記の強磁性層42及び強磁性層44は、面内磁化（磁化の向きが面内方向）を示す。上記の強磁性層42及び強磁性層44は、面内磁化（磁化の向きが面内方向）を示す。強磁性層42及び強磁性層44の磁化は、何れも膜面内にあり、平行もしくは反平行となるように実効的な一軸磁気異方性を有している。そして、強磁性層42の磁化は反強磁性層41との交換結合により実質的に一方向に固定され、強磁性層44の磁化の方

向で記録を保持する。

【0053】反強磁性層41としては、FeMn、NiMn、MnPt、MnIr等の合金が用いられ、強磁性層42及び強磁性層44としてはFe、Co、Niあるいはこれらの合金が用いられる。また、絶縁層43としては、各種の酸化物や窒化物が検討されているが、Al₂O₃膜の場合に最も高い磁気抵抗（MR）比が得られる。

【0054】上記構成のMTJ素子においては、反強磁性層41と強磁性層42が交換結合するように構成されているので、強磁性層42の両端部に発生する磁極の影響を低減できる。

【0055】強磁性層44と閉磁路層45は、両端部で金属層47を介して反磁性結合している。これにより、メモリ層となる上記強磁性層44は、金属層47を介して、上記閉磁路層45と共に閉磁路を形成することになる。それゆえ、強磁性層44の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができるので、該磁極の影響を低減できる。しかも、上記のように、強磁性層44と閉磁路層45の間に金属層47が設けられているので、強磁性層44／閉磁路層45の界面が存在しない構造が実現するので、磁気メモリセル31の歩留りを向上させることが可能となる。

【0056】上記磁気メモリセル31は、外部磁界の大きさの変化に応じて、2つの強磁性層42及び44のスピンが反平行、平行に変化し、この変化に伴って、トンネルコンダクタンスが変化する現象を示す。この現象を利用すれば、記憶装置が実現できる。つまり、強磁性層42は反強磁性層41との接合によって、強磁性層42のスピンが交換磁界によって固定される現象を利用すると、スピンの反平行、平行の明瞭なスイッチングが可能となる。強磁性層42のスピンが固定されると、強磁性層44のスピンを外部磁界に応じて動くようにできるので、スピンの平行、反平行を明瞭に行うことができる。上記スイッチングにより、「0」、「1」の情報は、強磁性層44の磁化の向きによって記録される一方、強磁性層42の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層42及び44の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。

【0057】上記閉磁路層45は、中央部で離間するように上記強磁性層44上に金属層47を介して設けられている（以下、このように中央部で離間された結果生じる空間を中央離間部と称す。）。閉磁路層45の中央離間部を介して、ビット線32（上記参照符号32a-32bを1本のビット線32とする。）、及びワード線33（上記参照符号33a-33bを1本のワード線33とする。）が、図3の紙面垂直方向に貫通するようになっている。

【0058】これにより、ビット線32とワード線33

の双方が、強磁性層 4 4 及び閉磁路層 4 5 によって形成される閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に効率良く強磁性層 4 4 の磁化を反転できる。なお、上記中央離間部には、ビット線 3 2 及びワード線 3 3 が互いに電氣的に絶縁されるように、絶縁層 4 6 が設けられている。

【0059】磁気メモリ装置の高密度化を図るには MTJ 素子を微細化する必要があるが、MTJ 素子の微細化に伴って、強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が大きくなる（強磁性層 4 4 の磁化が不安定になる。）。これにより、従来は、磁気メモリセルのセル密度が低下していた。

【0060】しかし、本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、上述のように各磁気メモリセル 3 1 を構成することによって、強磁性層 4 2 及び強磁性層 4 4 の各両端部の磁極による反磁界を確実に低減することができる。特に、強磁性層 4 4 の両端部の磁極による反磁界の低減により、強磁性層 4 4 の磁化が安定になるので、強磁性層 4 4 の磁化が安定になり、上記構成を有する複数の磁気メモリセル 3 1 を適切に配置すれば、セル密度の低下を確実に回避できる。

【0061】ここで、どのようにすれば、セル密度を低下させることなく、上記構成を有する複数の磁気メモリセル 3 1 を配置できるかについて、図 4 を参照しながら、説明する。なお、図 4 は、図の簡略化のために、選択トランジスタが省略して描かれている。

【0062】本実施の形態に係る磁気メモリ装置によれば、図 4 に示すように、図 3 に示す上記構成を有する複数の磁気メモリセル 3 1 が千鳥状（略菱形状）に配置されている。つまり、隣り合う列又は行に配された複数の磁気メモリセル 3 1 が千鳥状に配置されている。なお、図 4 においては、図 3 の磁気メモリセル 3 1 が、反強磁性層 4 1 が上になり且つ閉磁路層 4 5 が下になるように、配置された状態が描かれている。

【0063】各ワード線 3 3（参照符号 3 3 a-3 3 b を 1 本のワード線 3 3 とする。）は、図 4 に示すように、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセル 3 1 の各中央離間部を貫通するように配線されている。一方、各ビット線 3 2（参照符号 3 2 a-3 2 b を 1 本のビット線 3 2 とする。）は、図 4 に示すように、上記各ワード線 3 3 の延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセル 3 1 の各中央離間部を貫通するように配線されている。

【0064】各ワード線 3 3 及び各ビット線 3 2 は、何れも、所定の位置に配された複数の磁気メモリセル 3 1 を各中央離間部を介して階段状に配線する必要があるので、各磁気メモリセル 3 1 の上下（図 4 の紙面上における上下）で左右方向に折り曲げて配線されている。したがって、配線の幅を F とすると、ビット線 3 2 とワード

線 3 3 とは、共に、略 2 F の最小周期を有することになり、図 2 の磁気メモリ装置よりも更なる高集積化が可能となる。

【0065】図 3 の構造の磁気メモリセル 3 1 を図 4 のように配線してランダムアクセス可能な磁気メモリ装置を構成した場合、「0」、「1」の情報は、強磁性層 4 4 の磁化の向きによって記録されている。このとき、強磁性層 4 2 の磁化の向きは固定されている。そして、強磁性層 4 2 と強磁性層 4 4 の磁化が平行のときは抵抗値が低く、反平行のときは抵抗値が高くなるという磁気抵抗効果を利用して情報が読み出される。情報の書き込みは、ビット線 3 2 とワード線 3 3 が形成する合成磁界によって強磁性層 4 4 の磁化の向きを反転することで実現される。

【0066】以上のように、本実施の形態の磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセル 3 1 の強磁性層 4 2 及び 4 4 の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセル 3 1 の配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる強磁性層 4 4 が閉磁路層 4 5 と共に閉磁路を形成しているので、強磁性層 4 4 は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセル 3 1 を多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能である。

【0067】上記の磁気メモリ装置は、図 4 に示す磁気メモリセル 3 1 の配置に限定されるものではなく、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略菱形（千鳥状）に配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線を該磁気メモリセルの閉磁路方向に対して斜め方向（例えば、略 45 度方向）に配線したものであればよい。

【0068】上記閉磁路層 2 5 及び 4 5 は、少なくとも情報を記憶する強磁性層 2 2 及び 4 2 よりも抗磁力が小さければ特に限定されるものではないが、高透磁率を有するものが望ましい。このような特性を有する材料として、例えば、NiFe 膜、FeAlSi 膜、CoZrNb アモルファス膜等が挙げられる。

【0069】なお、見やすくするために、便宜上、図 2 において、ビット線 1 2 とワード線 1 3 は配線の幅が互いに異なるように描いているが、実際には略同一の幅を有している。同様に、見やすくするために、便宜上、図 4 において、ビット線 3 2 とワード線 3 3 は配線の幅が互いに異なるように描いているが、実際には略同一の幅を有している。

【0070】また、上記は、反強磁性層と第 1 強磁性層（反強磁性層 2 1 と強磁性層 2 2、又は反強磁性層 4 1 と強磁性層 4 2）とが交換結合する例について説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、抗磁力の大きな磁性層、薄い金属層を介して反強磁性結合す

る2層の磁性層等も使用可能である。つまり、本発明においては、第1強磁性層は、磁化の向きが面内方向に実質的に固定されたものであれば、特に構成は限定されない。

【0071】以上の説明では、閉磁路構造を有する磁気メモリセルとして、TMR素子を用いた二つの例を示したが、その他の閉磁路構造を有する磁気メモリセルを用いることも可能である。また、本発明においては、ビット線、ワード線、及び閉磁路構造の向きについては、上述した例に限定されるものではない。

【0072】本発明の第1磁気メモリ装置は、以上のよう、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線のどちらか一方を直線状に配置すると共に、他方を折り曲げて配置することを特徴としている。

【0073】本発明の第2磁気メモリ装置は、少なくとも記憶を保持する磁性層が閉磁路構造を有する磁気メモリセルを略菱形となるように配置すると共に、該磁気メモリセルの閉磁路を貫通するビット線及びワード線を該磁気メモリセルの閉磁路方向に対して略45度逆方向に配線することを特徴としている。

【0074】本発明の第3磁気メモリ装置は、上記の第1又は第2磁気メモリ装置において、上記磁気メモリセルが、少なくとも第1磁性層、絶縁層、及び第2磁性層を順に積層した磁気トンネル接合素子からなり、且つ、少なくとも上記第1又は第2磁性層の該絶縁層積層側と異なる側に中央部を離間して第3磁性層を設け、上記第1及び第3磁性層または上記第2及び第3磁性層により閉磁路が構成されていることを特徴としている。

【0075】本発明の第4磁気メモリ装置は、上記の第1又は第2磁気メモリ装置において、上記磁気メモリセルが、少なくとも第1磁性層、絶縁層、及び第2磁性層を順に積層した磁気トンネル接合素子からなり、且つ、少なくとも上記第1又は第2磁性層の該絶縁層積層側と異なる側に、金属層を介すると共に中央部を離間して第3磁性層を設け、上記第1及び第3磁性層または上記第2及び第3磁性層により閉磁路が構成されていることを特徴としている。

【0076】上記の第1乃至第4磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの両端部の磁極の影響を低減できるので、パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる強磁性層が閉磁路構造をとるので、該強磁性層は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減できる。

【0077】

【発明の効果】本発明に係る磁気メモリセルは、以上の

ように、磁化の向きが面内方向に実質的に固定された第1強磁性層と、上記の第1強磁性層上に設けられた絶縁層と、上記絶縁層上に設けられ、面内磁化を示す第2強磁性層と、上記の第2強磁性層上に設けられ、該第2強磁性層と共に閉磁路を形成する閉磁路層とを備えている。

【0078】上記の発明によれば、特開平10-302456号公報に記載の従来技術のように2つの強磁性層の側面に第3磁性層を設ける構成ではなくて、閉磁路層が第2強磁性層上に設けられる構成であるので、磁気メモリセルの幅方向の寸法は増加せず、且つ、絶縁層の幅を第3磁性層のために第1及び第2強磁性層よりも狭くしたり、第1及び第2強磁性層の各端面と同一平面になるように第3磁性層の両端面や長さを加工したりという複雑な処理が不要となる。

【0079】つまり、上記発明によれば、閉磁路層を第2強磁性層上に設けるという簡単な構成で、磁気メモリセルの占める面積（1ビットのセル幅）を小さくできると共に、従来のような複雑な処理が不要であるので生産性に優れた磁気メモリセルを実現できる。

【0080】上記閉磁路層は、第2強磁性層と共に閉磁路を形成するので、第2強磁性層の両端部に発生する磁極を実質的にゼロにすることができる。これにより、該磁極に起因して生じる反磁界の発生を確実に低減できる。このように、第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を回避できるので、第2強磁性層の磁化が安定し、これにより、磁気メモリセルを微細化できる。しかも、第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているため、外部漏洩磁界に対して安定化が図れる以上のように、第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響を回避できるので、第2強磁性層の磁化が安定し、これにより、磁気メモリセルを微細化できる。しかも、第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているため、外部漏洩磁界に対して安定化が図れるという効果を併せて奏する。

【0081】上記の閉磁路層は、中央部で離間するように上記の第2強磁性層上に設けられ、離間によりできた空間である中央離間部を互いに絶縁されたビット線およびワード線が貫通するように設けられていることが好ましい。

【0082】この場合、ビット線とワード線の双方が閉磁路内を通る構成となるので、書き込み時に効率良く第2強磁性層の磁化を反転できる。

【0083】複数の上記磁気メモリセルを略格子状に配置すると共に、各ワード線は、同じ列（又は同じ行）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように直線状に配線される一方、各ビット線は、同じ行（又は同じ列）に配された複数の磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように、行方向（又は列方向）に曲折して配線されることが好ましい。

【0084】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ワード線の最小周期は2F（又は4F）となる一方、ビット線の最小周期は4F（又は2F）となる。

【0085】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているので、外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能であるという効果を併せて奏する。

【0086】上記磁気メモリセルに代えて、上記の閉磁路層と、上記の第2強磁性層との間に金属層が更に設けられているものを用いてもよい。この場合、第2強磁性層／閉磁路層の界面が存在しない構造が実現するので、磁気メモリセルの歩留りを向上させることが可能となるという効果を併せて奏する。

【0087】このような磁気メモリセルを複数使用し、隣り合う列又は行に複数の該磁気メモリセルを千鳥状に配置すると共に、各ワード線は、階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線される一方、各ビット線は、上記各ワード線の上記延設方向と直交する方向に階段状に延設され、この延設方向に配された磁気メモリセルの各中央離間部を貫通するように配線された磁気メモリ装置を構成してもよい。

【0088】この場合、第1及び第2強磁性層の両端部の磁極による反磁界の影響が低減された磁気メモリセルを使用するので、複数の磁気メモリセルを略格子状に高セル密度に配置できる。各ワード線及び各ビット線を上記のようにそれぞれ配線することによって、配線の幅をFとすると、ビット線とワード線とは、共に、略2Fの最小周期を有することになり、上記磁気メモリ装置よりも、更なる高集積化が可能となる。

【0089】以上のように、上記磁気メモリ装置によれば、

磁気メモリセルの第1及び第2強磁性層の各両端部の磁極による反磁界の影響を確実に低減できるので、磁気メモリセルの配置パターンが微細化されても安定した磁化状態を保持することができると共に、より高い集積度を有する磁気メモリ装置を実現することが可能となる。また、メモリ層となる第2強磁性層が閉磁路層と共に閉磁路を形成しているので、第2強磁性層は外部漏洩磁界に対して安定となると共に、このような磁気メモリセルを多数使用した磁気メモリ装置の消費電力を低減することも可能であるという効果を併せて奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気メモリセルの断面を示す説明図である。

【図2】図1の磁気メモリセルを使用した磁気メモリ装置の例を示す説明図である。

【図3】本発明に係る他の磁気メモリセルの断面を示す説明図である。

【図4】図3の磁気メモリセルを使用した磁気メモリ装置の例を示す説明図である。

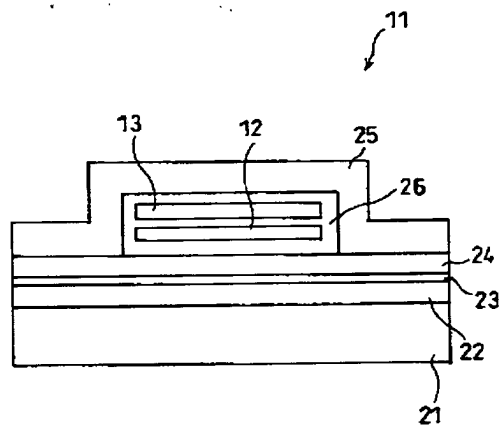
【図5】従来のMTJ素子の構成を示す説明図である。

【図6】従来の磁気メモリ装置の配置例を示す説明図である。

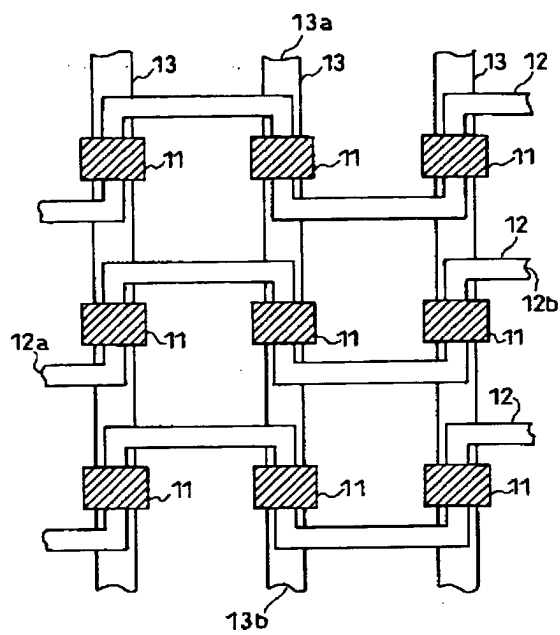
【符号の説明】

- | | |
|-----|--------------|
| 1 1 | 磁気メモリセル |
| 1 2 | ビット線 |
| 1 3 | ワード線 |
| 2 1 | 反強磁性層 |
| 2 2 | 強磁性層（第1強磁性層） |
| 2 3 | 絶縁層 |
| 2 4 | 強磁性層（第2強磁性層） |
| 2 5 | 閉磁路層 |
| 2 6 | 絶縁層 |
| 3 1 | 磁気メモリセル |
| 3 2 | ビット線 |
| 3 3 | ワード線 |
| 4 1 | 反強磁性層 |
| 4 2 | 強磁性層（第1強磁性層） |
| 4 3 | 絶縁層 |
| 4 4 | 強磁性層（第2強磁性層） |
| 4 5 | 閉磁路層 |
| 4 6 | 絶縁層 |
| 4 7 | 金属層 |

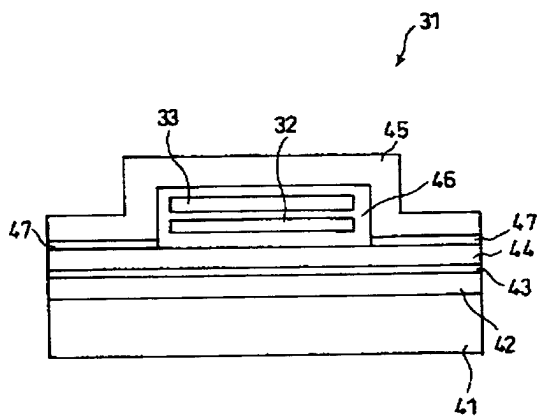
【図1】



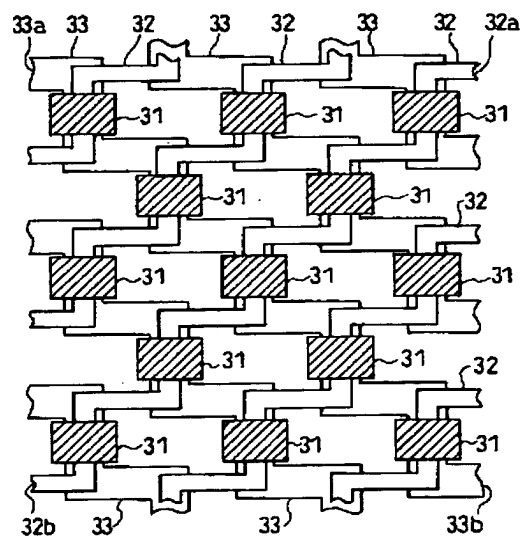
【図2】



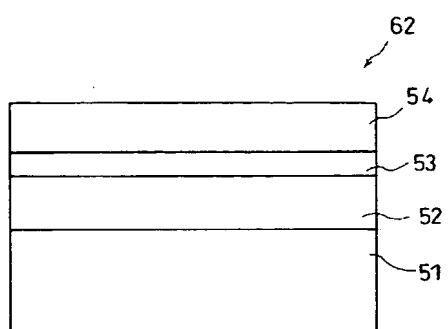
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

